

## Flexão Composta Oblíqua

### Calculadora de flexão composta oblíqua

A partir da versão V23, foi disponibilizada uma nova calculadora capaz de analisar uma seção genérica submetida à flexão simples ou composta, normal ou oblíqua, substituindo a calculadora anterior disponibilizada na versão V11, com a interface gráfica e funcionalidades completamente renovadas. Os recursos disponíveis são:

Possibilidade de definição de uma seção com formato qualquer, podendo ser retangular, circular ou poligonal qualquer, seja por criação do usuário ponto a ponto, seja pela leitura de um arquivo DWG-TQS.

A disposição das armaduras na seção pode ser qualquer.

Admite protensão na seção (a partir da versão 12.2).

Monta a curva de interação (N, Mx, My).

Monta diagrama N, M, 1/r em ambas direções e sentidos.

Calcula a rigidez secante (EI<sub>sec</sub>) e a rigidez kapa segundo a NBR6118.

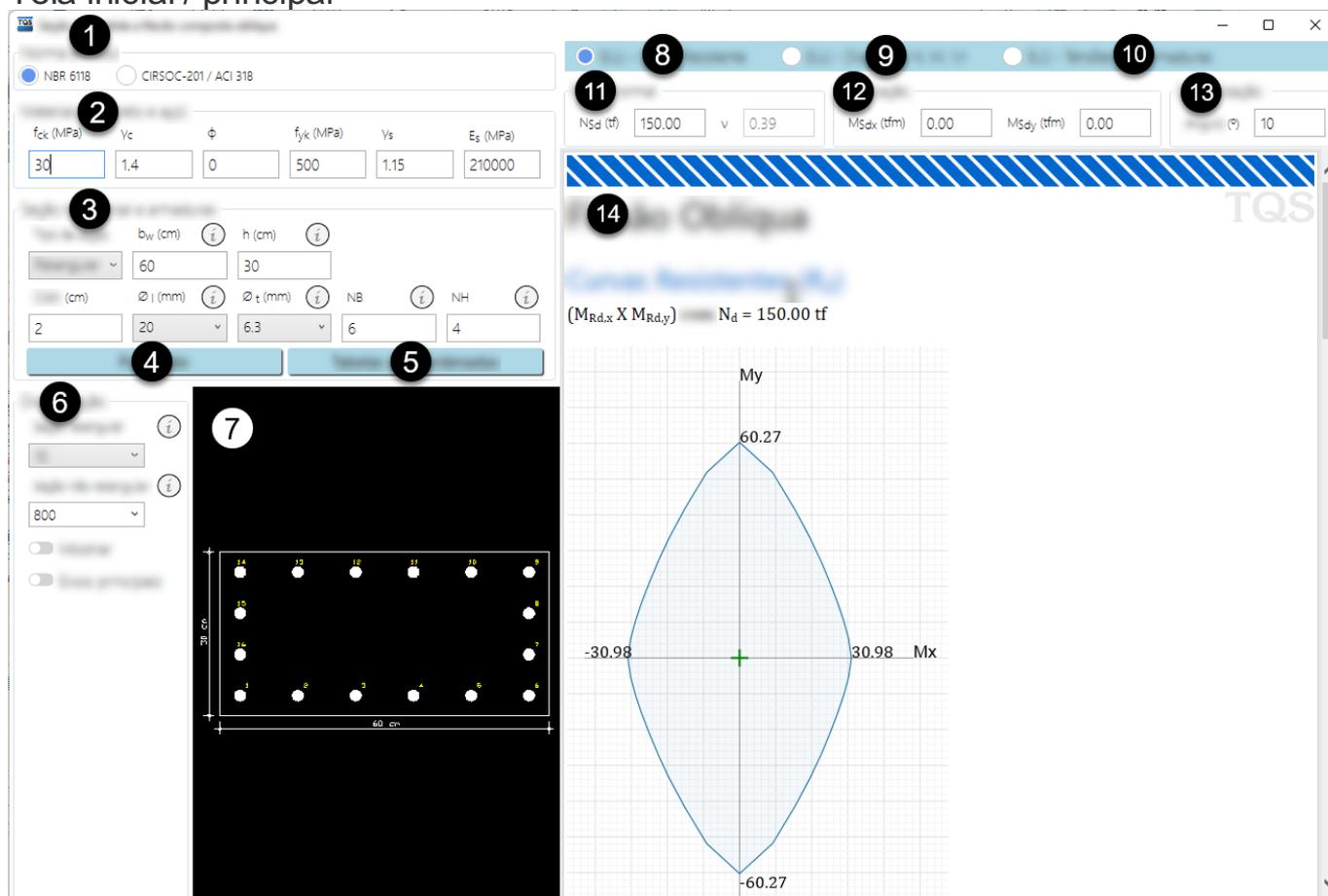
Calcula tensões nas armaduras no Estado-Limite de Serviço (ELS).

Possibilita utilizar as NBR6118/2014 e a CIRSOC-201/ACI 318.

### Apresentação

A seguir, serão apresentados e identificados os recursos presentes nesta calculadora.

#### Tela inicial / principal

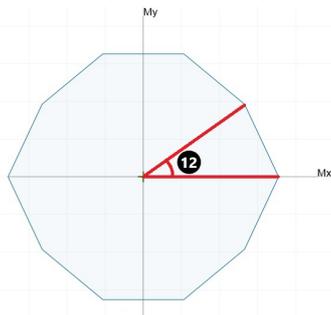


The screenshot shows the main interface of the TQS software. It features a top navigation bar with icons (8, 9, 10) and a title bar. The main area is divided into several panels:
 

- Panel 1:** Selection of norms (NBR 6118 or CIRSOC-201/ACI 318).
- Panel 2:** Concrete properties (f<sub>ck</sub>, γ<sub>c</sub>, φ, f<sub>yk</sub>, γ<sub>s</sub>, E<sub>s</sub>).
- Panel 3:** Section dimensions (b<sub>w</sub>, h, etc.).
- Panel 4:** Reinforcement details (diameters, spacings).
- Panel 5:** Interaction diagram (N, M<sub>x</sub>, M<sub>y</sub>).
- Panel 6:** Reinforcement diagram (section view with numbered points).
- Panel 7:** Results (Ns, Ms, etc.).
- Panel 8:** Results of interaction (Ns, v, Ms, Ms<sub>y</sub>).
- Panel 9:** Results of interaction (Ms, Ms<sub>y</sub>).
- Panel 10:** Results of interaction (Ns, Ms, Ms<sub>y</sub>).
- Panel 11:** Results of interaction (Ns, Ms, Ms<sub>y</sub>).
- Panel 12:** Results of interaction (Ns, Ms, Ms<sub>y</sub>).
- Panel 13:** Results of interaction (Ns, Ms, Ms<sub>y</sub>).
- Panel 14:** Interaction diagram (N, M<sub>x</sub>, M<sub>y</sub>).

1 Seleção entre as normas NBR 6118:2014 e CIRSOC-201 / ACI 318.

- 2 Definição das propriedades dos materiais (concreto e aço).
- 3 Definição do tipo da seção transversal (retangular, circular e poligonal), dimensões, cobrimento, armadura longitudinal e transversal, quantidade de armaduras na direção horizontal, vertical ou radial.
- 4 Definição de protensão.
- 5 Edição da tabela de coordenadas da poligonal da seção e da posição das armaduras.
- 6 Definição da discretização para seção retangular e não-retangular, opção para mostrar a discretização e direção dos eixos principais no desenho da seção.
- 7 Desenho da seção transversal, armaduras, discretização e direções dos eixos principais definidas dos itens de 1 a 6.
- 8 Opção para visualizar informações sobre a curva resistente em Estado-Limite Último (ELU).
- 9 Opção para visualizar informações sobre o Diagrama Normal, Momento, Curvatura em Estado-Limite Último (ELU).
- 10 Opção para visualizar informações da tensão nas armaduras em Estado-Limite de Serviço (ELS).
- 11 Definição da força normal na seção e o parâmetro adimensional  $v$ .
- 12 Definição do momento fletor nas direções X e Y na seção. Segue convenção vetorial, ou seja, o momento  $M_x$  atua em torno do eixo X.
- 13 Definição do passo, em graus, em que será calculada a curva resistente. Quanto menor o valor, mais refinado o contorno da curva resistente, porém maior será o tempo de cálculo.



- 14 Área para mostrar os resultados das opções 8, 9 e 10.

## Acesso

O acesso à calculadora de flexão composta oblíqua pode ser realizado de duas formas: no Gerenciador e/ou no Editor Rápido de Armaduras de Pilares.

## Gerenciador

Uma forma de acessar a calculadora é através do Gerenciador:

No *Menu Ribbon*, clique na aba "Ferramentas"

No grupo "Utilidades", clique na opção "Calculadoras"

Uma janela se abrirá mostrando as opções de Calculares de Dimensionamento disponíveis, entre elas encontra-se a opção "Flexão composta oblíqua".

Nesta opção, caso a calculadora não tenha dados salvos, será aberta com valores pré-definidos. Caso contrário será carregada com os dados definidos em sua última utilização.

## Edição Rápida de Armaduras de Pilares

Após dimensionar e detalhar os pilares do projeto, é possível verificar a seção e armadura para o esforço normal

calculado para o pilar:

Na Árvore de Edifícios, clique no ramo "Pilares" dentro do edifício.

No Painel Central, clique com o botão direito sobre o pilar que deseja verificar.

Nas opções mostradas, clique em "Edição Rápida de Armadura".

Na janela que aparece para a edição de armadura de pilares, clique na guia "Cálculo" e em seguida em "Calcular efeitos locais no pilar".

Será aberta uma janela de Análise dos efeitos locais de 2ª ordem (Pilar-padrão acoplado a diagramas N,M,1/r). Clique em "Resultados", em seguida clique em "Calculadora N, M, 1/r...".

A calculadora será aberta com a opção poligonal selecionada no item 3, onde a poligonal será a da seção do pilar que está sendo analisado no Editor Rápido de Armaduras.

## Utilização

### Verificação da seção

A calculadora mostra os resultados "ELU - Curva Resistente", "ELU - Diagrama Normal, Momento, Curvatura" e "ELS - Tensões nas armaduras", sendo selecionados respectivamente nos itens 8, 9 e 10. Para cada alteração nos itens 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11 e 12, ou seja, na norma, propriedade de materiais, seção e armaduras, discretização, esforço normal ou momento, o resultado é recalculado automaticamente.

Definição da seção transversal: seção retangular, circular ou poligonal qualquer.

R (cm) ⓘ

15 ▾ 20

(cm) Ø<sub>l</sub> (mm) ⓘ Ø<sub>t</sub> (mm) ⓘ NB ⓘ

3 20 6.3 6

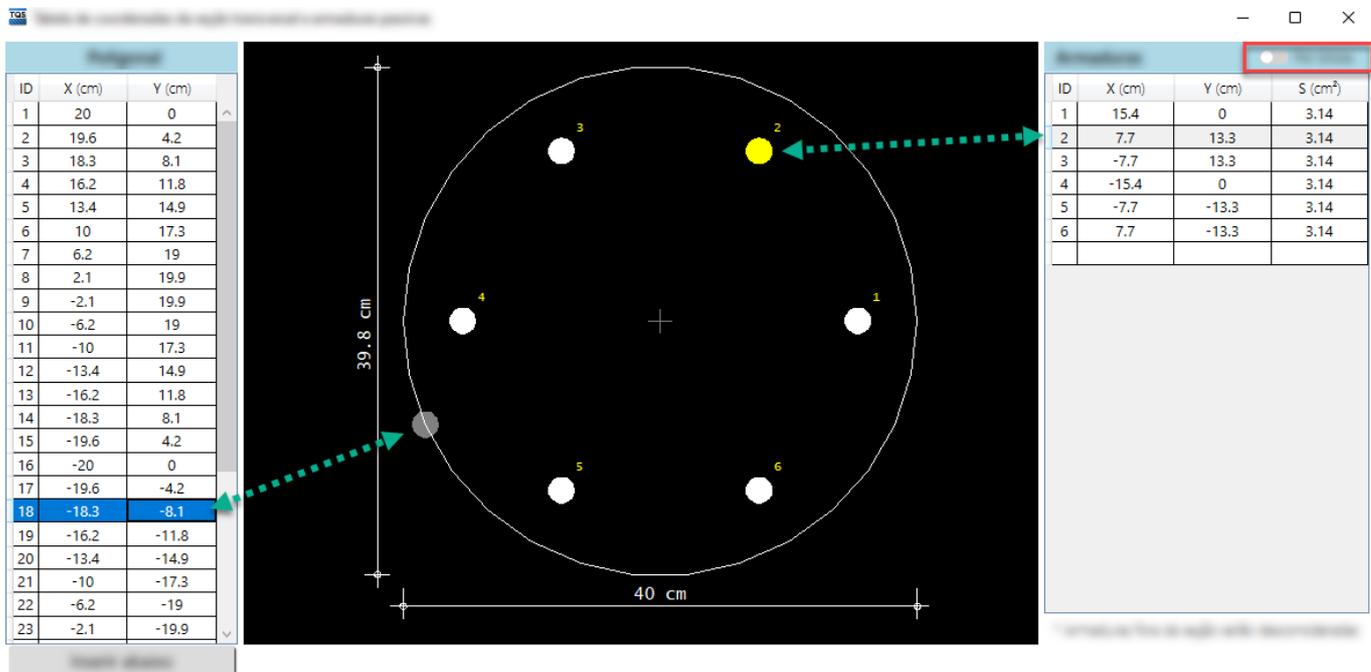
15 Opção para escolher o tipo de seção transversal entre retangular, circular e poligonal.

Os campos apresentados para definir a seção transversal e armaduras se adaptam de acordo com a opção escolhida no item 15, mostrando somente o necessário para definir uma distribuição regular de armaduras ao longo da seção.

### Tabela de Coordenadas

Uma das formas de acessar a Tabela de Coordenadas é clicando no botão indicado pelo item 5. As tabelas são mostradas já preenchidas de acordo com a última seção e armaduras definidas na calculadora. Do lado esquerdo são definidos os vértices da seção transversal, do lado direito são definidos os centros geométricos das armaduras e, no centro, é mostrado o desenho final resultante do que for definido nas tabelas.

As armaduras podem ser definidas por uma área qualquer ou por uma bitola comercial. O item circulado em vermelho na imagem a seguir, quando marcado, mostra as armaduras por bitola. E quando desmarcado, converte a bitola escolhida em uma área equivalente.



Ao selecionar algum item da tabela de poligonais, posicionada ao lado esquerdo do desenho, é indicado o vértice correspondente. Da mesma forma, ao selecionar algum item da tabela de armaduras, posicionada ao lado direito do desenho, a armadura correspondente é destacada em amarelo.

Ao alterar algum item da tabela o desenho é atualizado automaticamente. A linha da tabela pode ser excluída clicando sobre a linha e apertando a tecla Delete. Sempre a última linha da tabela estará em branco, onde poderá ser incluído um novo item.

Os limites para as quantidades da tabela são: 256 linhas para os vértices e 400 armaduras. As armaduras com centro geométrico fora da seção transversal não serão consideradas pela calculadora.

Outra maneira de acessar a Tabela de Coordenadas é quando for selecionada a opção "poligonal" no item 14. Uma janela de seleção é aberta permitindo que o usuário selecione um desenho em formato DWG-TQS com uma seção transversal, armaduras e cabos de protensão pré-definidos. Ao selecionar o arquivo, a Tabela de Coordenadas é mostrada e as informações da poligonal e armaduras são automaticamente preenchidos nas tabelas. Caso o usuário não selecione nenhum arquivo, a Tabela de Coordenadas é mostrada com o desenho da última seção definida pela pelo usuário na calculadora.

Ao fechar a janela da Tabela de Coordenadas, o novo desenho da seção transversal e armaduras é mostrado no item 6 e a seção é recalculada.

## Protensão

Ao clicar no botão indicado no item 4, será aberta uma janela para definir a posição, área e força nos cabos de protensão posicionados na seção, tipo do aço (CP175, CP190 e CP210),  $\gamma_p$ ,  $E_p$ , Cordoalha (Aderente ou Engraxada) - opções indicadas na imagem a seguir em vermelho- e acréscimo de tensão, opção disponível para alteração quando a opção para cordoalha está definida como "Engraxada".

ID	X (cm)	Y (cm)	S (cm <sup>2</sup> )	P (tf)
1	0	0	2.00	10.00

Tipo:  Yp:  Ep (MPa):

Acr (%):

No desenho mostrado nesta janela, assim como no item 7, as cordoalhas de cabos protendidos são identificados pela cor azul.

### ELU - Curva Resistente

Para verificar o Estado-Limite Último - Curva Resistente, no item 11 é definido a força normal, no item 12 é definido os momentos nas direções X e Y respectivamente e no item 13 define-se a distância angular para montar a curva resistente. Junto com estes resultados também são exibidas características geométricas (área da seção, momento de inércia e raios de giração).

### ELU - Diagrama N, M, 1/r

Quando a opção 9 está selecionada, a força normal e os momentos nas direções X e Y, identificados respectivamente nos itens 11 e 12, permanecem com os mesmos valores definidos para verificação da ELU - Curva Resistente.

No item 16, há itens exclusivos para a construção do Diagrama Momento-Curvatura de acordo com a NBR6118. O coeficiente  $\gamma_{f3}$  é o fator do ponderador  $\gamma_f$  que trata das aproximações de projeto. O coeficiente Beta é o multiplicador da tensão do concreto utilizada para o cálculo da rigidez secante.

A calculadora exibe os diagramas para as direções X e Y, ou exibe apenas um diagrama caso este seja simétrico nas

duas direções, além da rigidez secante e características geométricas (área da seção, momentos de inércia e raios de giração).

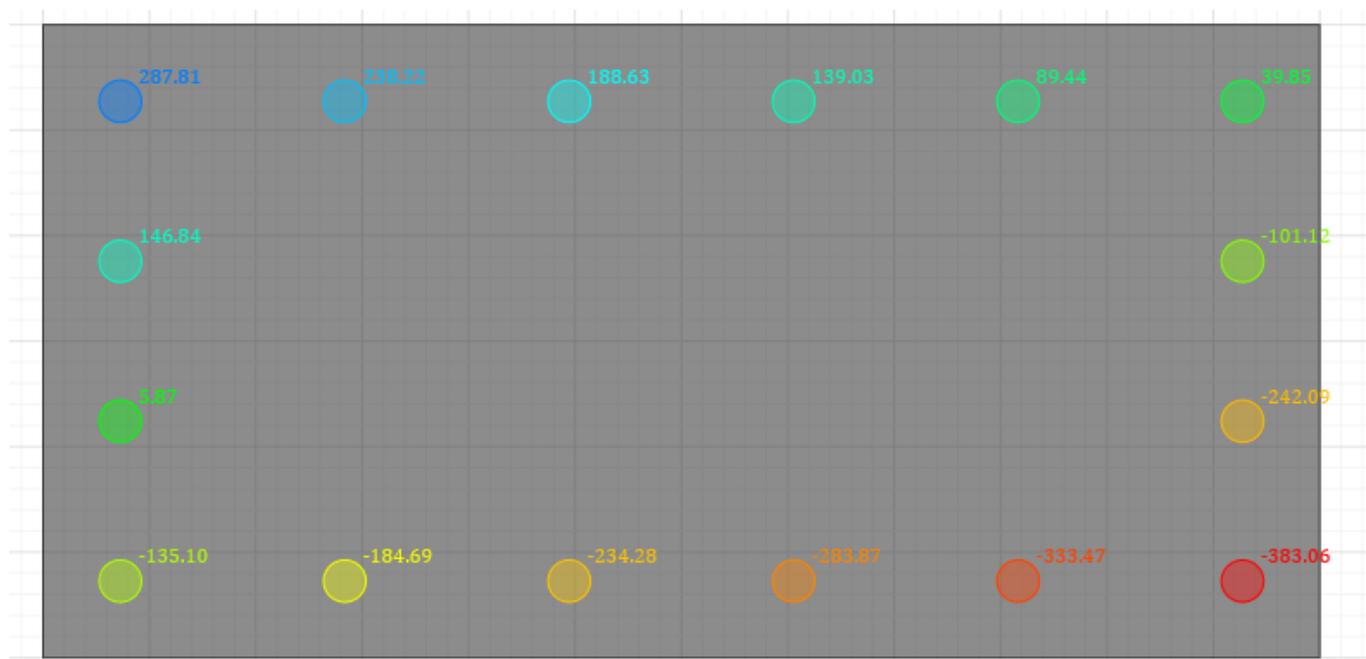
## ELS - Tensões nas armaduras

8 9 10

11 12 17

N<sub>s</sub>d (tf) 150.00 M<sub>s</sub>dx (tfm) 0.00 M<sub>s</sub>dy (tfm) 0.00 E<sub>cs</sub> (MPa) 15000

Com a opção do item 10 selecionada, a força normal e momentos nas direções X e Y permanecem os mesmos definidos nos itens 8 ou 9. Para a verificação das Tensões nas Armaduras em serviço, o item 17 define o módulo secante.



## Salvar dados definidos na calculadora

Ao fechar a calculadora, será perguntado se o usuário deseja salvar as informações. Caso o usuário opte por salvar, as informações definidas em todos os campos serão mantidas quando a calculadora for reaberta. O arquivo em que os dados da calculadora serão salvos depende do contexto no qual a calculadora for aberta, ou seja, ao abrir a calculadora em diferentes locais na Árvore de Edifícios, dentro do mesmo pavimento, torna possível salvar diferentes versões de dados para esta calculadora.